



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 32 072.1

**Anmeldetag:** 15. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH,  
Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Reinigung eines von einem Gasstrom  
umströmten Messelementes

**IPC:** G 01 F, F 02 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. April 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

Agurks



## Verfahren zur Reinigung eines von einem Gasstrom umströmten Messelementes

5

### Technisches Gebiet

Heißfilm-Luftmassen-Durchflußmesser kommen zum Beispiel in Kraftfahrzeugen zum Einsatz, wie zum Beispiel im Ansaug- bzw. im Ladetrakt der Verbrennungskraftmaschine. Beim chemischen Vorgang der Verbrennung kommt es auf die Massenverhältnisse von Kraftstoff und zur Verbrennung benötigter Luft in hohem Maße an. Daher wird im Ansaugtrakt/Ladetrakt der Verbrennungskraftmaschine der Massendurchfluß der Ansaugluft/Ladeluft bestimmt. Neben volumen- oder staudruckmessenden Verfahren kommen auch den Massen-Durchfluß des Luftstromes messende Verfahren zur Anwendung.

### Stand der Technik

Im Ansaugtrakt von Verbrennungskraftmaschinen werden heute zum Teil auch nach dem thermischen Prinzip arbeitende mikromechanische Heißfilm-Luftmassen-Durchflußmesser eingesetzt. Diese bauen sehr klein und beanspruchen wenig Bauraum. Heiz- und Meßwiderstände sind bei diesen sehr kleinbauenden Durchflußmessern als dünne Pt-Schichten auf einem Chip, der aus Silicium bestehen kann und als Träger dient, aufgebracht. Auf dem Chip wird bei solcherart ausgebildeten Durchflußmessern zur thermischen Entkopplung ein mechanisch ausgedünnter Bereich in Form einer Trägermembran aufgebracht. Der Chip wird durch Zersägen eines Siliciumwafers hergestellt. Der Chip umfaßt einen Siliciumrahmen gegebenenfalls unter Ausbildung von Auflagern und eine Meßmembran mit Meßwiderständen und Heizwiderständen. Der mittlere Flächenbereich der Membran stellt das Meßelement dar.

30

Ein Heizwiderstand des Durchflußmessers wird durch einen oder mehrere eng benachbart untergebrachte Heiztemperatursensoren sowie einen Lufttemperatursensor, der sich in einem Randbereich SI-Chips mit größerer Materialstärke befindet, geregelt. Bei diesen Heißfilm-Luftmassen-Durchflußmessern wird nicht der Heizstrom als Ausgangssignal genutzt, sondern die von zwei Temperatursensoren festgestellte Temperaturdifferenz des zu messenden gasförmigen Mediums, wie zum Beispiel die Verbrennungsluft. Einer der Temperatursensoren liegt vor, d.h. stromaufwärts und einer der Temperatursensoren liegt hinter dem Heizwiderstand in Strömungsrichtung des zu messenden Gasstroms gesehen. Im Ge-

35

gensatz zum Heizstrom gibt diese Ausgangsgröße den Durchfluß vorzeichenrichtig wieder, wenn auch in nicht linearer Weise.

Bei Applikationen eines mikromechanischen Heißfilm-Luftmassen-Durchflußmessers kann es unter bestimmten Umständen zu einer Kontamination des Meßchips mit Wasser, Staubpartikeln oder im Falle des Einsatzes an einer Verbrennungskraftmaschine mit Motoröl kommen. Diese Kontaminationen können das Meßsignal des Sensorelementes so stark beeinflussen, daß es nicht mehr im Bereich der spezifizierten Toleranzen liegt und ein vorzeitiger Austausch des Meßelementes oder des gesamten Gerätes erforderlich werden kann.

Bei beengten Bauraumverhältnissen an Verbrennungskraftmaschinen, die zu einer geringen Entfernung zwischen der Mündungsstelle einer Kurbelgehäuseentlüftung in den Ansaugtrakt und der Position des Heißfilm-Luftmassen-Messers führen, wird versucht, eine Kontamination des Sensorelementes des Heißfilm-Luftmassen-Messers durch anströmseitige Abweisegitter und abströmseitige Ölkondensationsgitter zu erreichen. Mit diesen Maßnahmen läßt sich zwar eine Robustheitssteigerung des Meßelementes des Heißfilm-Luftmassen-Messers erreichen, die jedoch eine Kennliniendrift am Meßelement des Heißfilm-Luftmassen-Messers aufgrund von Verschmutzung durch Ölbeaufschlagung nicht völlig auszuschließen vermag.

#### Darstellung der Erfindung

Mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung einer periodischen, intervallweise erfolgenden Bestromung eines Heizelementes des Sensorelementes läßt sich die als Träger dienende Membran, wie zum Beispiel eine dielektrische Membran von Kontaminationen, wie anhaftenden Staubpartikeln, Motorölrückständen, Wassertröpfchen und dergleichen auf einfache Art und Weise reinigen, ohne daß es einer separaten Reinigungsvorrichtung bedarf. Der auf dem Membranträger angeordnete Meßchip und damit auch der Meßchip kann durch eine periodische Bestromung des Heizelementes zu Schwingungen angeregt werden.

Durch die bei Aufgabe des Heizstromes erfolgende Temperaturerhöhung kommt es zu einer thermischen Ausdehnung des sehr dünnen Membrankörpers, auf welchem die Meßelemente (Widerstände) angeordnet sind. Da die Membran auf dem Meßchip sehr dünn ist, kann durch verschiedene Maßnahmen, die mit ihrem inneren Aufbau zusammenhängen, eine kurz andauernde Wölbung dieser Membran hervorgerufen werden. Eine Möglichkeit, eine kurz andauernde Wölbung der Membran herbeizuführen besteht darin, daß die Membran aus mehreren Schichten mit unterschiedlichen Temperatúrausdehnungskoeffizienten aufgebaut ist. Eine Temperaturänderung wird bei einer solcherart aufgebauten Membran durch die Beheizung der Widerstände sofort zu einer lokalen Verwölbung führen. Da das Membranmaterial sehr dünn ausgebildet ist, weist es eine sehr kleine Wärmekapazität auf,

so daß die Wölbung und deren Zurückbildung sehr schnell abläuft und abhängig von den Bestromungsintervallen und den Bestromungspausen der Bestromung im Millisekundenbereich abläuft.

- 5 Das die Meßelemente innerhalb eines Meßbereiches aufnehmende Membranmaterial kann daneben auch mittels Ultraschallwellen in Schwingungen angeregt werden, die mechanisch in das Membranmaterial bzw. den Meßchip eingekoppelt werden können. Auch bei Einkopplung von Ultraschallwellen in das Sensorelement bzw. dessen Meßchip und Trägermaterial läßt sich ein Reinigungseffekt erzielen. Diese Ultraschallschwingungen können  
10 auch durch separate Strukturen, die zusätzlich zu den Widerständen auf dem Meßbereich des Membranmaterials aufgebracht werden, angeregt werden. Dafür sind zum Beispiel piezoelektrische Schichten geeignet.

- 15 Die erzeugte mechanische Ausdehnung des den Meßchip aufnehmenden Membranmaterials - hervorgerufen durch periodische, intervallweise erfolgende Bestromung eines Heizelementes oder sämtlicher Leiterbahnen auf der Oberseite des Meßchips oder durch Einkopplung oder interne Erzeugung von Ultraschallwellen - bewirkt eine Beschleunigung des Membranmaterials mit darin aufgenommenen Meßwiderständen in Richtung der Oberflächennormalen. Beschleunigungen in diese Richtung bewirken eine Ablösung anhaftender  
20 Verschmutzungen vom Membranmaterial wie auch vom Bereich der Meßwiderstände. Durch die Reinigung des Membranmaterials mit in diesem befestigten Meßwiderständen wird über die Lebensdauer eines mikromechanischen Heißfilm-Luftmassensensors gesehen die Abweichung des Meßsignales deutlich reduziert. Die Verschmutzungsgeschwindigkeit des Meßchips auf der Oberseite des Membranmaterials läßt sich erheblich herabsetzen,  
25 wodurch ein frühzeitig durchzuführender Austausch des Luftmassen-Messers aufgrund der Drift, d.h. einer Kennlinienverschiebung, vermieden werden kann.

### Zeichnung

30

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender beschrieben.

Es zeigt:

- 35 Figur 1 einen Schnitt durch einen Heißfilm-Luftmassen-Durchflußmesser,

Figur 2 eine Ausführungsvariante eines intervallweise bestrombaren Meßelementes, welches in einen Heißfilm-Luftmassen-Messer integriert ist und am Ansaugtrakt einer Verbrennungskraftmaschine aufgenommen ist und

Figur 3 Bestromungsintervalle und Bestromungspausen eines oder mehrerer bestrombarer Heizelemente am Meßelement.

## 5 Ausführungsvarianten

In der Darstellung gemäß Figur 1 ist ein Meßelement 1 dargestellt, welches einen mikro-mechanischen Heißfilm-Luftmassen-Durchflußmesser repräsentiert. Das Meßelement 1 ist der innere Bereich einer Membran 5, der auf der Oberfläche eines Meßchips 26 aufgebracht ist, wobei zwischen der Unterseite des Meßelementes 1 bzw. von dessen Membranmaterial 5 und der Montageaufnahme 2 ein Schwingungen ermöglichender Freiraum ausgebildet ist. Der Meßchip 26 ist innerhalb einer Montageaufnahme 2 angeordnet. Mit Bezugszeichen 4 ist die senkrecht auf die Oberfläche des Membranmaterials 5 errichtete Oberflächennormale bezeichnet. Auf der Oberseite des Meßelementes 1, welches einem durch den Pfeil 12 symbolisierten Gasstrom wie zum Beispiel dem Ansaugluftmassenstrom für eine Verbrennungskraftmaschine zugewandt ist, befindet sich ein Heizwiderstand 6. Der Heizwiderstand 6 kann über ein Steuergerät 20, welches mit einer extern angeordneten Spannungsquelle, wie zum Beispiel der Fahrzeugbatterie in Verbindung steht, mit Spannung versorgt werden. Beiderseits des Heizwiderstandes 6 innerhalb des Meßelementes 1 sind ein erster Heiztemperatursensor 7 sowie ein zweiter Heiztemperatursensor 8 aufgenommen. Zur möglichst genauen Erfassung der erzielten Heiztemperatur, die im Betrieb des Durchflußmessers auf Temperaturen von über 180°C über der Temperatur der angesaugten Luft erhitzt werden können, bis hin zu Maximalwerten von ca. 300°C sind der erste Heiztemperatursensor 7 sowie der zweite Heiztemperatursensor 8 möglichst nah benachbart zum Heizwiderstand 6 des Meßelementes 1 angeordnet. Die erzielte Heiztemperatur wird demnach stromauf in Bezug auf die Position des Heizwiderstandes 6 und stromab in Bezug auf die Position des Heizwiderstandes 6 des Meßelementes 1 aufgenommen. In einem etwas größer bemessenen Abstand sind beidseits der ersten und zweiten Heiztemperaturen 7 bzw. 8 Temperatursensoren 10 bzw 11 angeordnet. Analog zur Anordnung der Heiztemperaturen 7 bzw. 8 befindet sich einer der Temperatursensoren 10 stromauf in Bezug auf die Position des Heizwiderstandes 6, während der andere der Temperatursensoren 11 stromab des Heizwiderstandes 6 angeordnet ist. Darüber hinaus umfaßt das Meßelement 1 einen an der dem zu messenden Luftmassenstrom 12 zugewandten Seite des Membranmaterials 5 angeordneten Lufttemperatursensor 9.

Das Membranmaterial 5, in welchem der Heizwiderstand 6, der erste Heiztemperatursensor 7 sowie der zweite Heiztemperatursensor 8 aufgenommen sind, kann in unterschiedlicher Materialstärke - wie in Figur 1 dargestellt - ausgebildet sein; daneben läßt sich das Mem-

branmaterial 5 (vgl. Figur 2) auch in einer durchgängigen, gleichmäßigen ersten Materialstärke 15 ausbilden.

Während der Heizwiderstand 6 sowie die benachbart zu diesem angeordneten Heiztemperatursensoren 7 bzw. 8 und die in einem weiteren Abstand zu diesem angeordneten Temperatursensoren 10 bzw. 11 in einem Bereich des Membranmaterials 5 aufgenommen sind, der in einer höheren, zweiten Materialstärke 16 ausgebildet ist, hat das Membranmaterial 5, welches zum Beispiel aus einem dielektrischen Werkstoff gefertigt sein kann, zwischen seinen Abstützflächen 17 bzw. 18 an der Montageaufnahme 2 eine erste Materialstärke 15, die deutlich geringer ist als die zweite Materialstärke 16 im Bereich des Heizwiderstandes 6, der ersten und zweiten Heiztemperatursensoren 7 bzw. 8 sowie der Temperatursensoren 10 bzw. 11, die in Bezug auf den Heizwiderstand 6 stromab und stromauf an der Oberfläche des Membranmaterials 5 angeordnet sind.

Der Freiraum 3 zwischen der Montageaufnahme 2 des Membranmaterials 5 ermöglicht dessen Auslenkung in Richtung der Oberflächennormalen 4 des Membranmaterials 5 bei periodischer, intervallweise erfolgender Bestromung der Leiterbahnelemente 6, 7, 8 bzw. 10 und 11, die in einem Bereich mit zweiter Materialstärke 16 des Membranmaterials 5 angeordnet sind. Darüber hinaus kann auf der Oberseite des Membranmaterials 5 an der dem zu messenden Luftmassenstrom 12 zuweisenden Seite eine sensoreigene Schaltung 22a, 22b aufgenommen sein. Während mit Bezugszeichen 22a eine sensoreigene Schaltung bezeichnet ist, die auf der Oberseite des Membranmaterials 5 angeordnet ist, kann die sensoreigene Schaltung 22b auch abgesetzt vom Membranmaterial 5 angeordnet werden.

Über das Steuergerät 20, welches mit einer externen Spannungsversorgung in Verbindung steht und einen Ein-/Ausschalter 21 enthält, ist eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung des Heizwiderstandes 6 bzw. der Temperatursensoren 6, 7 bzw. 10, 11 möglich. Dabei kann eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung sowohl nur des Heizelementes 6 erfolgen, als auch eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung aller über Leiterbahnen an der Oberfläche des Membranmaterials 5 mit Spannung versorgbaren Temperaturfühler 7, 8 bzw. 10 und 11. Eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung der Leiterbahnelemente 6, 7, 8 bzw. 10 und 11 kann beispielsweise über sequentielles Ein- und Ausschalten des Ein-/Ausschalters 21 am Steuergerät 20 erfolgen. Dadurch werden die in das Membranmaterial 5 an dessen Oberseite aufgebrachten, mit Spannung beaufschlagbaren Elemente, d.h. der Heizwiderstand 6 bzw. der Heiztemperatursensoren 7 und 8 sowie die Temperatursensoren 10 und 11 mit periodisch sich ändernder Spannung beaufschlagt. Die auf das Membranmaterial 5 aufgebrachten, mit Spannung beaufschlagbaren Elemente wie Heizwiderstand 6 sowie die Heiztemperatursensoren 7 und 8

und die Temperatursensoren 10 und 11 können zum Beispiel über einen Sputterprozeß aufgebracht werden.

Neben einem sequentiell erfolgenden Ein- bzw. Ausschalten über den Ein-/Ausschalter des Steuergerätes 20 kann eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung der aufgedampften Leiterbahnelemente 6, 7, 8 bzw. 10 und 11 dadurch erreicht werden, daß mittels eines am Steuergerät 20 angeordneten Spannungsmodulators eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung erreicht wird. Über das Steuergerät 20 können die Leiterbahnelemente 6, 7, 8 bzw. 10 und 11 an der Oberseite des Meßelementes 1 entweder einzeln oder gruppenweise mit Spannung versorgt werden, so daß die periodische, intervallweise erfolgende Bestromung auf verschiedene Bereiche des in der zweiten Materialstärke 16 ausgebildeten Membranmaterials 5 begrenzt bzw. erweitert werden kann. Anstelle des Spannungsmodulators 23 kann innerhalb des Steuergerätes 20 ein Frequenzmodulator 24 vorgesehen werden, mit dem ebenfalls eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung der Leiterbahnelemente 6, 7, 8 bzw. 10 und 11 an der Oberseite des Membranmaterials 5 erreicht werden kann.

Die in der Figur 1 innerhalb des Steuergerätes 20 angeordneten Bauteile, nämlich der Spannungsmodulator 23 bzw. der Frequenzmodulator 24, lassen sich auch in der sensoreigenen Schaltung 22a, 22b an der Oberseite des Membranmaterials 5 im Bereich des ersten Auflagers bzw. des zweiten Auflagers integrieren oder abgesetzt daneben unterzubringen (vgl. Position 22b in Figur 1). In einer Ausgestaltungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens kann die sensoreigene Schaltung 22 so beschaffen sein, daß in ihr ein Timer integriert ist, mit welchem eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung eines oder mehrerer der Bauelemente 6, 7, 8 bzw. 10 und 11 des Meßelementes 1 erzielt werden kann. Eine Schwingungsanregung des Membranmaterials 5 kann somit in zyklischen, vorwählbaren Abständen erfolgen, um Kontaminierungen von der dem zu messenden Luftmassenstrom 11 zuweisenden Seite des Membranmaterials 5 und damit von der Oberfläche des Meßelementes 1 zu entfernen.

Der erste Heiztemperatursensor 7 sowie der zweite Heiztemperatursensor 8 können beispielsweise als Leiterbahnen innerhalb des Meßelementes 1 ausgebildet werden, die einen temperaturabhängig sich ändernden Ohm'schen Widerstand aufweisen. Der erste Heiztemperatursensor 7 und der zweite Heiztemperatursensor 8 sind eng benachbart zum Heizwiderstand 6 des Meßelementes 1 angeordnet. Im Betrieb, d.h. bei einer Spannungsversorgung des Heizwiderstandes 6 des Meßelementes 1 erreicht der Heizwiderstand 6 eine Temperatur von 180°C über der Temperatur des angesaugten Luftmassenstromes 12. In der Spitze werden am Heizwiderstand 6 Temperaturen von ca. 300°C erreicht. Über eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung eines, mehrerer oder aller als Leiterbahnen

mit temperaturabhängigem Ohm'schen Widerstand ausgebildeten Komponenten kann eine thermische Ausdehnung des in den Bereichen beidseits des Meßelementes 1 in einer ersten, sehr dünnen Materialstärke 15 ausgeführten Membranmaterials 5 erreicht werden. Durch unterschiedliche Temperatúrausdehnungskoeffizienten innerhalb eine geschichteten Aufbaus des Membranmaterials 5 sind lokale Wölbungsänderungen zwischen der Membranoberseite und den dort angeordneten bestrombaren Heizelementen 6, 7, 8, 10, 11 gegenüber der Membranunterseite möglich. Es stellt sich demzufolge eine Wölbung bzw. eine Auslenkung des Membranmaterials 5 in Richtung der Oberflächennormalen 4 ein. Beim Ausschalten der Spannungsversorgung zu einem oder mehreren der als Leiterbahnen mit temperaturabhängigen Ohm'schen Widerstand ausgebildeten Bauelemente 6, 7, 8 bzw. 10 und 11 bildet sich die Wölbung sofort wieder zurück. Aufgrund der geringen Wärmekapazität des Membranmaterials 5 in seinen Bereichen mit sehr dünner Materialstärke 15 verlaufen die Auslenkungen des Membranmaterials 5 in Richtung der Oberflächennormalen 4 sehr schnell, d.h. im Bereich von Millisekunden ab. Dadurch werden mit Bezugszeichen 19 angedeutete Beschleunigungen in Richtung der Oberflächennormalen 5, die auf die Oberseite des Membranmaterials 5 errichtet wurde, erzielt.

Aufgrund der periodischen, intervallweise erfolgenden Bestromung des Heizwiderstandes 6 sowie eines oder mehrerer der als Leiterbahnen mit temperaturabhängigem Ohm'schen Widerstand ausgebildeten Bauelemente 7, 8 bzw. 10 und 11 stellen sich am Membranmaterial 5 im Bereich mit der Materialstärke 15 periodische Schwingungen ein. Aufgrund der sich einstellenden Beschleunigungen 19 in Richtung der Oberflächennormalen 4 auf das Membranmaterial 5 bewirkt die Auslenkung des Membranmaterials 5 eine Ablösung von Verschmutzungen. Durch eine Auslenkung des Membranmaterials 5 können anhaftende Schmutzpartikel bzw. Motorölrückstände oder Wasserströpfchen abgelöst werden und durch den das Meßelement 1 passierenden Luftmassenstrom 12 abgeführt werden.

In einer weiterführenden Ausführungsvariante kann das komplette Aufheizen sowohl der als Leiterbahnen mit temperaturabhängigem Ohm'schen Widerstand ausgebildeten Temperatursensoren 7, 8 bzw. 10 und 11 sowie die Spannungsversorgung des Heizwiderstandes 6 über eine sensoreigene Schaltung 22 initiiert werden. Die sensoreigene Schaltung 22 wird im Steuergerätenachlauf aktiviert, d.h. nach dem Abstellen der Verbrennungskraftmaschine und der mit dem Abstellzeitpunkt beginnenden Abkühlphase im Ansaugtrakt. Die sensoreigene Schaltung 22a bzw. 22b kann im Luftmassen-Messer innerhalb eines separaten Schaltungsraumes untergebracht sein und dient zum Betrieb des Heizers und zur Verstärkung von Temperaturdifferenzsignalen, die dem Luftmassenstromsignal während des Betriebes der Verbrennungskraftmaschine entsprechen. Nach dem Abschalten der Verbrennungskraftmaschine ist das kombinierte, zentrale Zündungs- und Einspritzsteuergerät noch in Betrieb und wickelt verschiedene Aufgaben ab. Es bleibt dazu noch eine gewisse Zeit



nach Abschalten mit dem Zündschlüssel in Betrieb. Diese Zeitspanne kann sich von einigen Sekunden bis zu mehreren Minuten erstrecken. Der Luftmassen-Messer kann in diesem Zeitraum - initiiert durch das Motorsteuergerät - ebenfalls in Betrieb gehalten werden und innerhalb eines Reinigungsmodus' seine interne Reinigungsschaltung aktivieren.

5

Eine Periodizität der Spannungsversorgung kann - wie bereits angesprochen - durch einen Spannungsmodulator 23 innerhalb des Steuergerätes 20 bzw. innerhalb der sensoreigenen Schaltung 22 herbeigeführt werden. Eine Periodizität der Spannungsversorgung kann  
10 gleichfalls über einen im Steuergerät 20 bzw. der sensoreigenen Schaltung 22 aufgenommenen Frequenzmodulator 24 erreicht werden. Beiden Implementierungsmöglichkeiten gemeinsam ist der Umstand, daß sich durch periodische, intervallweise erfolgende Bestromung des Heizwiderstandes 6 bzw. der Temperaturerfassungselemente 7, 8 bzw. 10 und 11, die als Leiterbahnen aus einem Material mit temperaturabhängigem Ohm'schen Widerstand gefertigt sind, Temperatursprünge im Millisekundenbereich ermöglichen lassen. Aufgrund der auf diese Weise erzielten Temperatursprünge im Membranmaterial 5, insbesondere in dessen Bereich, der in der dünnen, ersten Materialstärke 15 ausgebildet ist, können Anregungsfrequenzen des Membranmaterials 5 erreicht werden, die im Bereich von einigen hundert Hertz liegen. Insbesondere lassen sich Temperatursprünge erreichen, die im Millisekundenbereich liegen, d.h. eine Auslenkung des Membranmaterials 5 in  
20 Richtung der auf dieses errichteten Oberflächennormalen 4 erfolgt innerhalb von Sekundenbruchteilen, ebenso wie die Rückstellung des dünnen Membranmaterials 5 aus seiner ausgelenkten Lage in seine ursprüngliche Lage bei Abschaltung der periodischen, intervallweise erfolgende Bestromung. Die größte Schwingungsamplitude, der die Membrane ausgesetzt werden kann, liegt im Bereich der Resonanzfrequenz des Membranmaterials 5  
25 bei etwa 200 kHz.

25

Mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Reinigungsverfahren unter Applikation einer periodischen, intervallweise erfolgenden Bestromung eines Heizwiderstandes 6 bzw. von Temperatursensoren 7 bzw. 8 und 10 bzw. 11, die als Leiterbahnen mit temperaturabhängigem Ohm'schen Widerstand ausgebildet sind, läßt sich eine Reinigung eines Meßelementes  
30 1 von Staubpartikeln, Motorölrückständen bzw. Wassertröpfchen, wenn dieses im Ansaugtrakt einer Verbrennungskraftmaschine zum Einsatz kommt, erzielen. Mit einer auf diese Weise vorgenommenen Reinigung läßt sich über die Lebensdauer des Luftmassen-Messers gesehen, die Abweichung des Meßsignals deutlich reduzieren. Da sich die Verschmutzungsgeschwindigkeit unter Einsatz des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens erheblich herabsetzen läßt, kann ein frühzeitiger Austausch des Luftmassen-Messers vermieden werden.  
35

Figur 2 ist eine Ausführungsvariante eines bestrombaren Meßelementes zu entnehmen, welches - in einen Heißfilm-Luftmassen-Messer integriert - im Ansaugtrakt einer Verbrennungskraftmaschine aufgenommen ist.

- 5 Ein Ansaugtrakt 30 einer Verbrennungskraftmaschine ist in der Darstellung gemäß Figur 2 schematisch als Ausschnitt einer Ansaugrohrleitung dargestellt. An dieser ist ein Heißfilm-Luftmassen-Messer 31 aufgenommen, der ein integriertes Steuergerät 20 mit einer sensoreigenen Schaltung 22 umfaßt. Am unteren Ende des Steuergerätes 20 ist die Montageaufnahme 2 aufgenommen, an welchem das Meßelement 1 aufgenommen ist. Die das  
10 Meß- element 1 umströmende Ansaugluftströmung ist mit Bezugszeichen 32 versehen.

An einer Anströmseite 34 des hier rohrförmig dargestellten Ansaugtraktes 30 ist eine Gitterstruktur 33 aufgenommen. Am hier nicht dargestellten abströmseitigen Querschnitt 35 des rohrförmig konfigurierten Ansaugtraktes 30 kann ebenfalls ein der Gitterstruktur 33 entsprechendes Einsatzelement in den Strömungsquerschnitt des Ansaugtraktes 30 eingelassen sein.

- Oberhalb der in Figur 2 wiedergegebenen Darstellung des im wesentlichen rohrförmig ausgebildeten Ansaugtraktes 30 der Verbrennungskraftmaschine ist das Meßelement 1 in erheblich vergrößertem Maßstab wiedergegeben. Mit Bezugszeichen 36 ist die Heizzone bezeichnet, die zwischen einem ersten Heiztemperatursensor 7 und einem weiteren Heiztemperatursensor 8 liegt. In Bezug auf die Strömungsrichtung des Luftmassenstromes  $Q_{LM}$  liegt der erste Heiztemperatursensor 7, der bevorzugt als Leiterbahn am Sensorelement ausgebildet ist, stromauf in Bezug auf die Strömungsrichtung, während der zweite Heiztemperatursensor 8, der ebenfalls als Leiterbahn ausgebildet ist, stromab der Heizzone 36  
25 liegt. Das Membranmaterial 5, auf welchem die als Leiterbahnen ausgebildeten ersten und zweiten Temperatursensoren 7 und 8 sowie der Heizwiderstand angeordnet sind, ist im Bereich dieser bestrombaren Komponenten in einer reduzierten Materialstärke, einen Freiraum 3 begrenzend, ausgebildet. Am ersten Auflager 17 und am zweiten Auflager 18 hingegen weist das Membranmaterial 5 eine höhere Materialstärke auf. Die durch den ersten  
30 Temperatursensor 7 erfaßbare Temperatur ist mit  $T_1$  bezeichnet; die durch den zweiten Heiztemperatursensor 8, der stromab des Heizwiderstandes 6 angeordnet ist, erfaßbare Temperatur mit  $T_2$ .

- 35 Figur 3 sind die Bestromungsintervalle sowie die Bestromungspausen eines oder mehrerer, im Meßelement ausgebildeter Heizelemente dargestellt.

Der Bestromungsverlauf ist über der Zeitachse aufgetragen. Eine Bestromung des Heizwiderstandes 6 des Meßelementes 1 erfolgt während eines Bestromungsintervalles 40, wel-

ches eine zeitliche Dauer 41 aufweist. Die Heizdauer des Heizelementes 6 während einer Bestromungsphase 40 beträgt beispielsweise 40 Millisekunden. An die Bestromungsphase 40 schließt sich eine Bestromungspause an, die bevorzugt die doppelte Dauer der Bestromungsdauer 41 aufweist. Die Dauer der Bestromungspause 41 ist durch Bezugszeichen 42 auf der Zeitachse dargestellt. An das Abschaltintervall 42, welches näherungsweise dem doppelten Wert der Dauer 41 der Bestromungsphase 40 entspricht, schließt sich wiederum ein Bestromungsintervall 40 an, dessen Dauer 41 etwa 40 Millisekunden beträgt. Danach folgt wiederum ein Abschaltintervall von doppelter Dauer 42, verglichen mit der Dauer 41 des Bestromungsintervalles. Während der Bestromungsintervalle 40, während der der Heizwiderstand 6 des Meßelementes 1 bestromt wird, liegt an diesen ein mit Bezugszeichen 43 identifiziertes Bestromungsniveau an. Dieses ist über alle Bestromungsphasen 40 gesehen identisch.

Das kurzzeitige, intervallweise Bestromen 41, 42 des Heizwiderstandes 6 des Meßelementes 1 führt zu einer Übertemperatur innerhalb der Heizzone 36 gegenüber der Umgebung von etwa 180°C. Dadurch wird eine Temperaturschichtung eines einen Bypasskanal passierenden Luftstroms 12 erreicht. Dadurch werden die in der Luft vorhandenen Öltröpfchen bzw. der in der Luft vorhandene Ölnebel von dem intervallweise bestromten Heizwiderstand 6 wegtransportiert bzw. vor dem Meßelement 1 verdampft. Dadurch wird eine Ansaugung der in der Luft befindlichen Ölpartikel auf die Oberfläche des Meßelementes 1 bei bislang üblicher, längerer ununterbrochener Bestromung des Heizwiderstandes 6 vermieden, welche beim bisherigen Heißfilm-Luftmassen-Sensor durch den beim Abschalten der Verbrennungskraftmaschine aktivierten Steuergerätenachlauf zwischen 1 und 30 Minuten erfolgte. Die sich bei längerer Bestromung einstellenden Konvektionswirbel links und rechts neben dem bestrombaren Heizwiderstand 6 treten bei einer periodischen, intervallweise erfolgenden Bestromung 41, 42 des Heizwiderstandes 6 hingegen nicht auf. Aufgrund der bei kontinuierlicher, längerer Bestromung sich einstellenden Konvektionsspiralen wurde die Verschmutzung der Oberfläche des Meßelementes 1 eher befördert. Eine intervallweise erfolgende Bestromung 41, 42 des Heizwiderstandes 6 innerhalb der Heizzone 36 des Meßelementes 1 erfolgt bis zur vollständigen Auskondensierung der Öltröpfchen aus der Luft in einem Zeitraum von 10 Minuten, beginnend unmittelbar mit dem Ausschalten der Verbrennungskraftmaschine. Die Länge der Abschaltintervalle 42 ergibt sich aus der Abkühldauer des Heizwiderstandes 6 und somit dem Zeitpunkt, ab dem eine vorherige Bestromungsphase 40 die in der Luft enthaltenen Öltröpfchen nicht mehr vom Heizwiderstand 6 bzw. der Oberfläche des Meßelementes 1 fernhalten kann. Die Dauer 42 des Abschaltintervalles zwischen den Bestromungsphasen 40 entspricht in etwa dem doppelten Wert der Dauer 41 der Bestromungsphase 40.

Mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren läßt sich mit wenig Aufwand die Kontamination der Oberfläche eines Meßelementes 1 durch Öl oder sonstige in der Ansaugluft transportierten Partikel während der Abstellphase einer Verbrennungskraftmaschine vermeiden. Dadurch wird eine aufgrund einer Verschmutzung der dem Luftmassenstrom 12  $Q_{LM}$  zugewandten Oberfläche des Meßelementes 1 und damit eine unzulässige Kennliniendrift des Meßelementes 1 vermieden.

Bezugszeichenliste

	1	Meßelement (mittlerer Flächenbereich Membran)	41	Dauer Bestromungsintervall
			42	Dauer Abschaltintervall
5	2	Montageaufnahme für den Meßchip	43	Heizstromstärke
	3	Freiraum		
	4	Oberflächennormale		
	5	Membranmaterial		
	6	Heizwiderstand		
10	7	erster Heiztemperatursensor (Leiterbahn)		
	8	zweiter Heiztemperatursensor (Leiterbahn)		
	9	Lufttemperatursensor		
	10	Temperatursensor stromauf (Leiterbahn)		
	11	Temperatursensor stromab (Leiterbahn)		
15	12	Luftmassenstrom ( $Q_{LM}$ )		
	s	Meßort		
	t	Temperaturverlauf		
	15	erste Materialstärke Membranmaterial 5		
	16	optionale weitere Materialstärke Membranmaterial 5		
20	17	erstes Auflager		
	18	zweites Auflager		
	19	Beschleunigungsrichtung		
	20	Steuergerät		
	21	Ein-/Ausschaltung		
25	22a	sensoreigene Schaltung auf Membranmaterial		
	22b	abgesetzte, sensoreigene Schaltung		
	23	Spannungsmodulator		
	24	Frequenzmodulator		
	25	Spannungsversorgung		
30	26	Meßchip		
	30	Ansaugtrakt		
	31	Heißfilm-Luftmassen-Messer		
	32	Luftumströmung Meßelement 1		
	33	Gitterstruktur		
35	34	Anströmseite		
	35	Abströmseite		
	36	Heizzone		
	40	Bestromungsintervall		

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung eines von einem Gasstrom (12) umströmten Meßelements (1), welches im Ansaugtrakt (30) einer Verbrennungskraftmaschine aufgenommen ist und auf einem dünnen Membranmaterial (5) aufgenommen ist, mindestens ein beheizbares Element (6, 7, 8; 10, 11) enthält und das Membranmaterial (5) schwingfähig angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß entweder über ein Steuergerät (20) oder eine dem Meßelement (1) eigene Schaltung (22) eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) mindestens eines beheizbaren Elementes (6, 7, 8; 10, 11) am Meßelement (1) erfolgt oder über gesonderte Schwingungserreger oder Ultraschalleinkopplung das Membranmaterial (5) in Schwingungen versetzt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) mindestens eines beheizbaren Elementes (6, 7, 8; 10, 11) durch sequentielle Ein-/Ausschaltung (21) des Steuergerätes (20) erfolgt.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) aller bestrombarer Elemente (6, 7, 8; 10, 11) des Meßelementes (1) durch sequentielle Ein-/Ausschaltung (21) des Steuergerätes (20) erfolgt.
4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) mindestens eines beheizbaren Elementes (6, 7, 8; 10, 11) des Meßelementes (1) aufgrund eines internen Wärmeausdehnungsverhaltens über lokal unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten des Membranmaterials (5) dessen Beschleunigung (19) in Richtung der Oberflächennormalen (4) auf das Membranmaterial (5) bewirkt.
5. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die sensoreigene Schaltung (22a, 22b) im Steuergerätenachlauf nach dem Abschalten der Verbrennungskraftmaschine aktiviert wird und in diesem Zeitraum zur Reinigung des Membranmaterials (5) herangezogen wird.
6. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die sensoreigene Schaltung (22) eine Aktivierung der periodischen, intervallweise erfolgenden Bestromung (41, 42) mindestens eines beheizbaren Elementes (6, 7, 8; 10, 11) des Meßelementes (1) in vorgebbaren Zeitintervallen erfolgt.

7. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) im Steuergerät (20) über einen Spannungsmodulator (23) erfolgt.
- 5 8. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) über einen in der sensoreigenen Schaltung (22) des Meßelementes (1) angeordneten Spannungsmodulator (23) erzeugt wird.
9. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) im Steuergerät (20) über einen Frequenzgenerator (24) erzeugt wird.
- 10 10. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) über einen in die sensoreigene Schaltung (22) integrierten Frequenzgenerator (24) erzeugt wird.
11. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) mindestens eines beheizbaren Elementes (6, 7, 8; 10, 11) oder aller Leiterbahnen des Meßelementes (1) Temperatursprünge in das Meßelement (1) aufnehmenden Membranmaterial (5) erzeugt werden.
- 20 12. Verfahren gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die im zeitlichen Abstand weniger ms auftretenden Temperatursprünge Anregungsfrequenzen des Membranmaterials (5) von mehreren hundert kHz ermöglichen.
- 25 13. Verfahren gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die im zeitlichen Abstand weniger ms auftretenden Temperatursprünge im Membranmaterial (5) maximale Schwingungsamplituden bei der Resonanzfrequenz von 200 kHz erzeugen.
- 30 14. Verfahren gemäß Anspruch 1, das Bestromungsintervalle (40) des mindestens eines beheizbaren Elementes (6, 7, 8; 10, 11) mit einem konstanten Heizstromniveau (43) erfolgen und eine erste Dauer (41) aufweisen.
- 35 15. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestromungsintervalle (40) des mindestens eines beheizbaren Elementes (6, 7, 8; 10, 11) des Meßelementes (1) durch Abschaltintervalle unterbrochen sind, deren Dauer (42) die Dauer (41) der Bestromungsintervalle (40) überschreitet.

16. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb einer Heizzone (36) des Meßelementes (1) Übertemperaturen der Heizzone (36) gegenüber der Umgebungstemperatur von 180°C erzeugt werden.

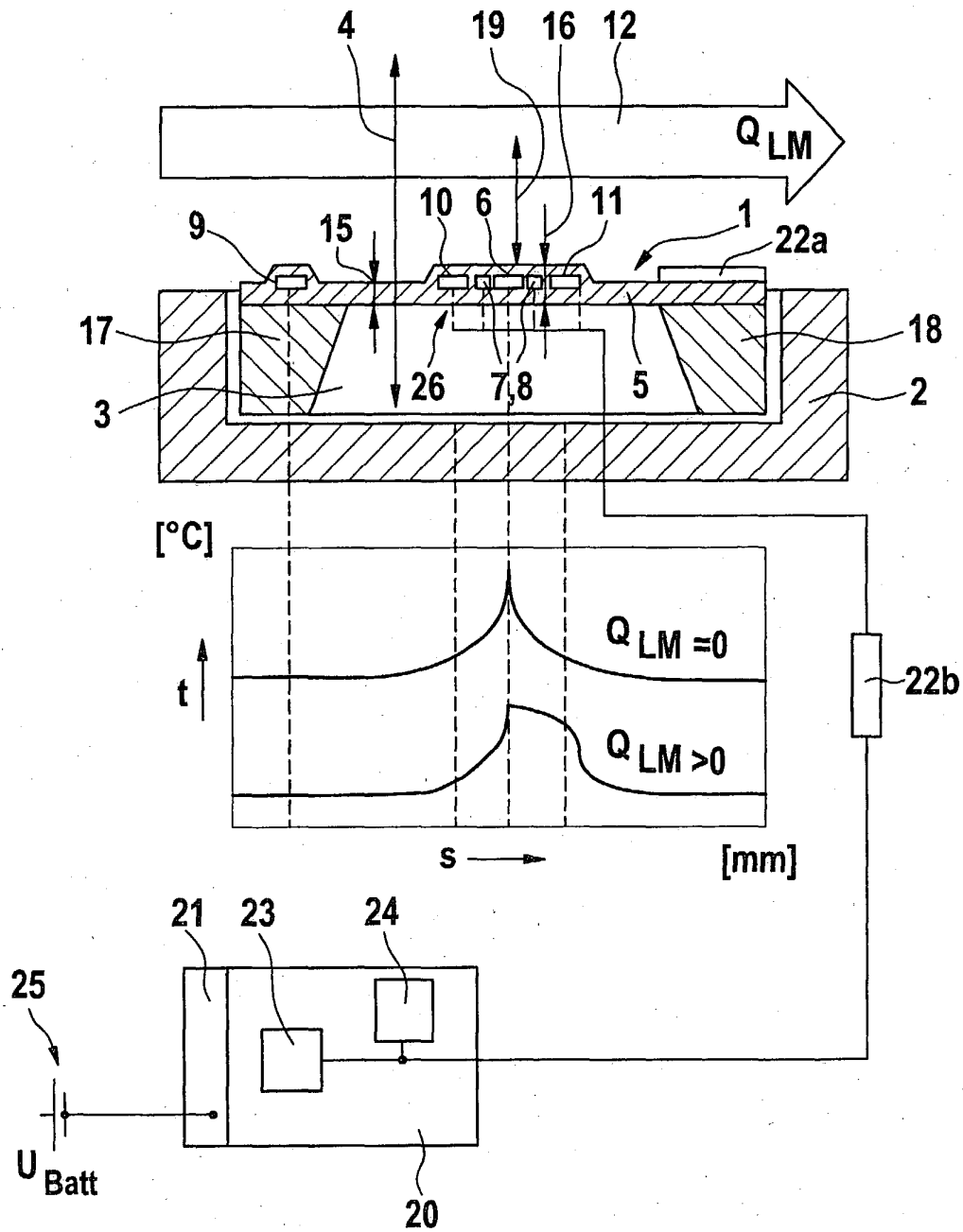


Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Reinigung eines von einem Gasstrom (12) umströmten Meßelements (1), welches auf einem dünnwandigen Membranmaterial (5) angeordnet ist. Das Meßelement (1) enthält mindestens ein beheizbares Element (6, 7, 8; 10, 11), welches auf dem schwingfähig angeordneten Membranmaterial (5) angeordnet ist. Über ein Steuergerät (20) oder eine dem Meßelement (1) zugeordnete eigene Schaltung (22) wird eine periodische, intervallweise erfolgende Bestromung (41, 42) an mindestens einem beheizbaren Element (6, 7, 8; 10, 11) des Meßelements (1) herbeigeführt und dadurch Schwingungen erzeugt. Alternativ können Schwingungen des Membranmaterials (5) durch gesonderte Schwingungserreger oder durch Ultraschalleinkopplung hervorgerufen werden.

(Figur 1)

Fig. 1



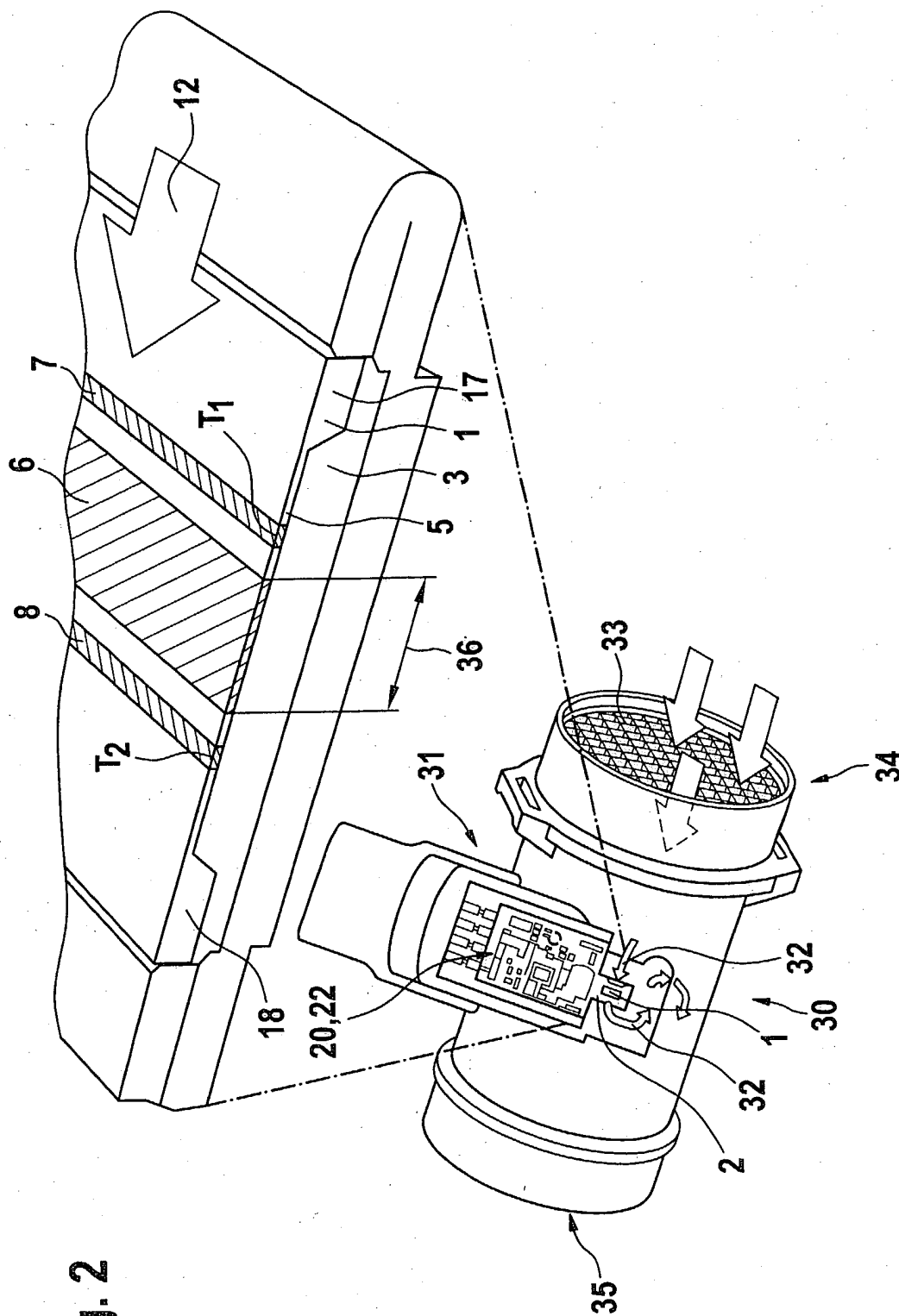


Fig. 2

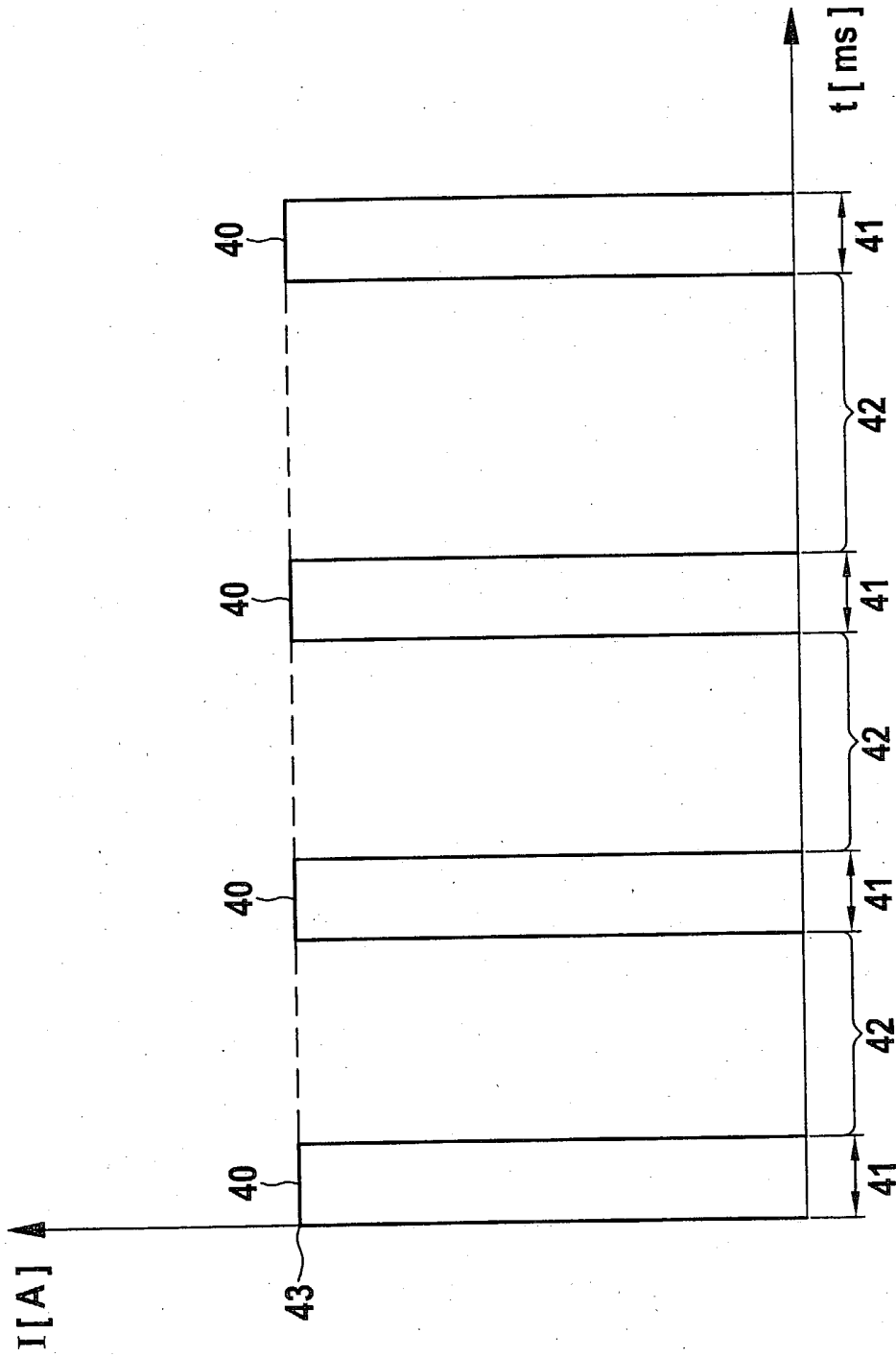


Fig. 3